

# Ev Hemodiyalizinde Suyun İşlenmesi 5

Keiko I. Greenberg

**Çeviri:**

Prof. Dr. Meltem Gürsu, Doç. Dr. Cenk Demirci

## ANA BAŞLIKLAR

GENEL BİLGİLER  
EV HEMODİYALİZ CİHAZLARI VE SU SAFLAŞTIRMA SİSTEMLERİ  
SU TESİSATI  
SU ARITIMI  
SU KALİTE STANDARTLARI  
MONİTÖRİZASYON  
KOMPLİKASYONLAR  
ÖZET

Hemodiyaliz (HD) hastaları her hemodiyaliz seansı sırasında çok miktarlarda suya maruz kaldığından dolayı suyun arıtılması büyük önem taşır. Konvansiyonel HD (KHD) hastaları her hafta 400 L'den fazla suya maruz kalırken, ev hemodiyaliz (EHD) hastaları için, su maruziyeti HD reçetesi ve diyaliz sistemine bağlı olarak haftada 150 L ile 400 L'den fazla miktarlar arasında değişebilir.<sup>1</sup> Suyun, diyaliz için güvenli hale getirilmesi için, uzaklaştırılması gereken pek çok madde vardır. Su arıtma sistemleri, farklı mekanizmalarla kirleticileri uzaklaştıran bir seri bileşen içerir. Su sisteminin düzgün işleyişini sağlamak için, bu bileşenler ve elde edilen su düzenli olarak takip edilmelidir.<sup>2</sup>

Su kaynağının yeterli işlenmemesi ölüm dahil ciddi sorunlara neden olabilir.<sup>3,4</sup> Su standartları KHD ve EHD için aynı iken, EHD için kullanılan bazı diyaliz sistemleri geleneksel cihazlardan farklılıklar gösterir. Bu bölümde EHD'ye özel durumlara odaklanarak suyun işlenmesi gözden geçirilecektir.

## ■ GENEL BİLGİ

EHD, neredeyse elektrik ve su tedarigi olan her evde yapılabilir. Potansiyel her hastada, EHD'ye uygunluğun değerlendirilmesi için ev ziyareti yapılmalıdır. Ayrıca, su kaynağının içme suyu düzenlemeleri veya kaynak suyu gerekliliklerine uygunluk açısından test edilmesi gerekir. Bir eve diyaliz sistemi kurmak için birtakım değişiklikler yapılmalıdır, bu değişiklikler cihaz tipine göre değişebilir. Bazı evlerde cihazın yerleştirileceği alanda topraklama hatası devre kesici çıkışının eklenmesi veya yedek güç kaynağı temini gibi elektrik tedarigi ile ilgili değişiklikler gerekir.<sup>5</sup> Neredeyse her evde tesisat değişikliklerine ihtiyaç duyulur. Tadilat masrafları diyaliz sunucusu tarafından karşılanır ve hasta herhangi bir ücret ödemez. Hastanın kiralık evde oturuyor olması durumunda, ev sahibinden onay alınmalıdır. Nadiren hasta gerekli değişiklikleri yapmak için izin alamaz ve bu durumda EHD uygulanamaz.

## ■ EV HEMODİYALİZİ CİHAZLARI VE SU ARITMA SİSTEMLERİ

KHD cihazları evde kullanım için çok büyük ve ağırdır. Merkez HD ünitelerindeki su arıtma sistemleri de çok geniş alan kaplar. EHD sistemleri evde kullanım için boyut olarak küçültülmüş ve basitleştirilmiştir. EHD için kullanılan ilk cihazlar evde kullanıma adapte edilmiş konvansiyonel cihazlardır. Merkez HD cihazlarına boyut ve görünüm açısından benzeyen Fresenius Medical Care 2008K@ ev HD cihazı örnek olarak belirtilebilir.<sup>6</sup> Bu cihaz online su arıtımı için ayrı bir ters ozmoz (TO) sistemi kullanır. Daha yakın zamanda özel olarak, EHD için tasarlanmış cihazlar geliştirilmiştir.<sup>7</sup> Bunlar arasında 'NxStage Medical Inc. System One', 'Quanta Dialysis Technologies Ltd. 's SC+', 'Physidia S3 monitör', ve 'Outset Medical Inc. 's Tablo system' yer alır.<sup>8,9</sup> Birleşik Devletler'deki EHD hastalarının çoğu 'NxStage System One' kullanır (Şekil 5-1). Su arıtma sistemi ise ultrasaf su üretimi için deiyonizasyon yaparak, diyaliz tedavisi için önceden 60 litrelik partiler şeklinde diyalizat oluşturan 'PureFlow SL' cihazıdır. Seyahatler veya yedek kullanım amaçlı olarak önceden karıştırılmış ve paketlenmiş diyalizatlar da PureFlow SL'e destek olur. 'Quanta SC+' su saflaştırılması için TO kullanır ve seyahat için torbalanmış diyalizatlar mevcuttur. 'The Physidia S3' sadece torbalanmış diyalizat kul-

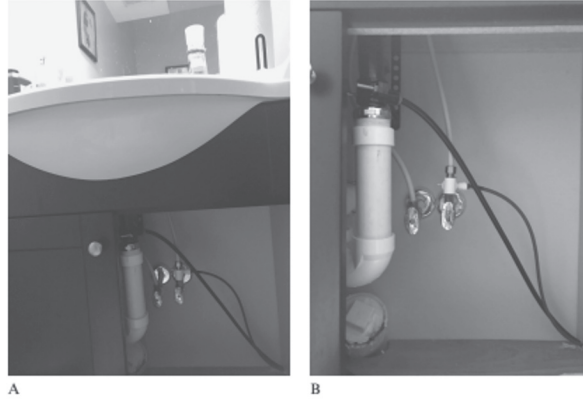
lanır, böylece su tedarikine ihtiyacı yoktur. ‘*Quanta SC+*’ ve ‘*Physidia S3*’ sadece Avrupa’da kullanılabilir olup, Birleşik Devletler’de mevcut değildir. ‘Outset Medical, Inc. Tablo system’ EHD için kullanılmak üzere Nisan 2020’de Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (US Food and Drug Administration, FDA)’nden onay almış olup, entegre TO su arıtma sistemi içerir.<sup>10</sup>



**Şekil 5-1:** NxStage System One hemodiyaliz cihazı ve PureFlow SL cihazı. (Arlene Hilario, RN’den izin alınarak)

## SU TESİSATI

HD için su kaynağı tipik olarak şebeke suyudur, ancak özellikle kırsal bölgelerde kuyu suyu veya başka bir kaynak da olabilir. Su banyo, tuvalet veya çamaşır odasından alınabilir. Tüm diyaliz sistemlerinin (sadece torbalanmış diyalizat kullanan ‘*Physidia S3*’ haricinde) bir su hattı ve bir atık hattına ihtiyacı vardır (Şekil 5-2) ve bu iki sistem NxStage için kullanılan PureFlow SL cihazının kurulumu için yeterlidir. Su saflaştırılmasında TO kullanan sistemler için ek değişiklikler gerekebilir. TO cihazları için yeterli su basıncını sağlamak amaçlı takviye bir pompa veya diğer ekipmanlar gerekebilir.<sup>5</sup> Bazı ülkelerde, suyun TO cihazından su kaynağına geri kaçışını önlemek için geri akım önleyicilerine ihtiyaç duyulur. Kaynak suyu uygun sıcaklıkta değil ise, su sıcaklığını ayarlayan cihazlara da ihtiyaç duyulabilir. Tesisatta nasıl bir değişiklik gerekirse gereksin, bu değişiklikler diyaliz sistemlerine aşina olan tecrübeli bir tesisatçı tarafından yapılmalıdır.



**Şekil 5-2:** Bir su hattı ve bir atık hattı ile kurulan EHD tesisatına bir örnek. (A): NxS-tage PureFlow SL sistem için su ve atık hattının kurulumu. (B): Daha yakın görünüm. (Arlene Hilario, RN'den izin alınarak)

## SU ARITIMI

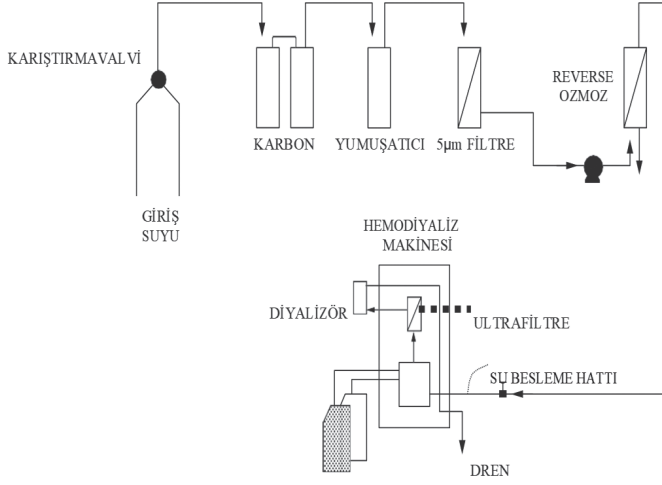
Şebeke suyunda içmek için uygun düzeylerde olan, ancak HD'de kullanımı için düzeyi uygun olmayan birçok madde ve kirletici vardır. Bunlar şöyle sıralanabilir:<sup>11</sup>

- Klor/kloramin, flor ve alüminyum gibi su kalitesini arttırmak için eklenen maddeler
- Kurşun ve bakır gibi şebeke sisteminden sızabilen metaller
- Suda doğal olarak bulunan eser elementler
- Organik maddeler
- Nitratlar ve gübreler gibi tarım ürünleri
- Bakteriler, mantarlar ve protozoa gibi mikroorganizmalar ve endotoksinler

Belirli kirleticiler ile bilinen toksisiteler Tablo 5-1'de listelenmiştir.<sup>11</sup> Ayrıca mikroorganizmalara maruziyet ciddi sistemik infeksiyonlara neden olabilir. Endotoksin maruziyeti ateş titreme, bulantı, miyalji, güçsüzlük, baş ağrısı, hipotansiyon ve şok gibi akut semptomlara (pirojenik reaksiyon) ve  $\beta$ 2-mikroglobulin amiloidozu başta olmak üzere, uzun dönem komplikasyonlara neden olur.<sup>12</sup> Her su arıtma sistemi, HD için su üretiminde pek çok bileşene ihtiyaç duyar. Bu bileşenler filtreler, yumuşatıcılar, karbon tankları/yatakları, TO sistemleri, deiyonizerler ve ultraviyole lambalardır.<sup>1</sup> Filtreler, saflaştırma işleminin başlangıcında kaynak suyundaki parçalı kirleticileri uzaklaştıran

multimedya veya tortu filtreleri, karbon tanklarında ince partikülleri uzaklaştıran kartuş filtreler ile bakteri ve endotoksinleri uzaklaştıran endotoksin tutucu filtrelerdir. EHD için şebeke suyu dışında bir kaynak kullanılıyorsa, kaynak suyunun analizi yapılarak ihtiyaç duyulan özel filtreler belirlenmelidir.<sup>13</sup> Su kaynağının kalitesinin kötü olması, TO membranları ile karbon filtrelerin fonksiyonlarını ve kullanım sürelerini olumsuz etkiler. Suyun sert olduğu bölgelerde TO membranlarını korumak amaçlı kullanılan su yumuşatıcıları, kalsiyum ve magnezyumu uzaklaştırır. Bu işlem katyonların sodyum iyonları ile değiştirildiği iyon değişimi ile gerçekleşir.<sup>1</sup> Karbon tankları ve yatakları klor ve kloramini adsorbsiyon yolu ile uzaklaştıran aktive karbon granülleri içerir. TO sistemleri yarı geçirgen bir membrandan suyu geçiren yüksek basınçlar kullanarak metal iyonları, organik ve inorganik solütleri, bakteri, endotoksin ve virüsleri bertaraf eder. Deiyonizasyon sistemleri değiştirici reçineler kullanarak katyon ve anyonları uzaklaştırır. Ultraviyole lamba, sudaki mikroorganizmaları öldürür.

Şekil 5-3'te evde kullanıma uyarlanmış bir KHD makinesi için su arıtma sistemi örneği gösterilmektedir.<sup>14</sup> TO sistemleri, yeterli su basıncını sağlamak için bir takviye pompası ve/veya TO işlevi daha düşük sıcaklıklarda azaldığından, yeterli su sıcaklığını sağlamak için sıcaklık ayarlama valfine ihtiyaç duyar.<sup>13</sup> TO sistemleri için su ve elektrik kullanımı önemlidir. Ayrıca düzenli dezenfeksiyon gerektirirler. *NxStage PureFlow SL sistemi* TO kullanmaz—bir tortu filtresi, ultraviyole ışık, karbon filtre, ikili deiyonizasyon yatakları, her deiyonizasyon yatağından sonra su kalitesini monitörize eden direnç sensörleri, endotoksin tutucu ultrafiltreler ve 0,2 mikronluk bir filtre içerir (Şekil 5 – 4).<sup>14</sup> Tek kullanımlık saflaştırma paketi (PAK) her 12 haftada bir veya deiyonizasyon reçineleri bitmesi durumunda, daha önce değiştirilir. Dezenfeksiyona gerek yoktur.



**Şekil 5-3.** EHD için uyarlanmış geleneksel makine için bir su arıtma sistemi örneği. (Ouseph R, Ward RA izni ile çoğaltılmıştır. Ultrapure Dialysate for Home Hemodialysis? Adv Chronic Kidney Dis. 2007;14(3):256-62. Copyright © National Kidney Foundation, Inc. Published by Elsevier, Inc. All rights reserved. [https://www.ackdjournal.org/.](https://www.ackdjournal.org/))



**Şekil 5-4 PureFlow Purification Pack (PAK) bileşenleri.** (NxStage Medical, Inc. Therapy Handbook NxStage® Hemodialysis Treatment. <https://www.nxstage.com/wp-content/uploads/2019/08/NxStage-Hemodialysis-Treatment-Therapy-Handbook.pdf>. Ağustos 2019'da güncellendi. 8 Ocak 2020'de erişildi.)

## SU KALİTE STANDARTLARI

Arıtma sistemleri tarafından üretilen su, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) ve Tıbbi Aletleri Geliştirme Derneği (AAMI) veya Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından yayınlanan yönergelere uygun olmalıdır.<sup>22</sup> Kirleticilerin izin verilen maksimum konsantrasyonları Tablo 5-2 'te listelenmiştir.<sup>15</sup> İzin verilen maksimum bakteri sayıları ve endotoksin düzeyleri Tablo 5-3'te gösterilmiştir. Bakteri sayısı veya endotoksin düzeyi izin

verilen maksimum seviyenin %50'lik bir «aksiyon düzeyine» ulaşırsa, daha fazla artışı önlemek için prosedürlerin uygulanması için harekete geçilmelidir.<sup>15</sup> Çoğu EHD sistemi, toplam canlı bakteri sayısı <0.1 CFU/mL ve endotoksin düzeyleri <0.03 EU/mL olan ultrasaf su üretebilir. Diyalizattaki mikrobiyal kirleticilerin kronik inflamasyona neden olduğu endişeleri nedeniyle son yıllarda ultrasaf su kullanımı artmıştır.<sup>13,14</sup> Mortaliteyi azaltıp azaltmadığı bilinmese de, ultrasaf su kullanımı eritropoezi uyarıcı ajanların (ESA) kullanımında azalma, makroglöbulinde azalma, serum albümininde artış ve kalan böbrek işlevlerinin korunması ile ilişkilendirilmiştir.<sup>13,14</sup>

[Daha fazla bilgi için 7. Bölüm'e bakınız.]

## MONİTÖRİZASYON

Kaynak suyu, diyalizat suyu ve diyalizat monitörizasyonuna yönelik protokoller, kliniğe ve su arıtma sistemine göre değişir. Ev hemodiyalizinde klor testi tipik olarak her tedavide veya her parti üretimde yapılır, ancak diğer kimyasal testler merkez diyalizine göre daha az sıklıkta izlenebilir.<sup>16,17</sup> Neyse ki, bakteriyel kontaminasyon, diyaliz ünitelerindeki uzun dağıtım hatlarına kıyasla, kısa borulama mesafelerine bağlı olarak daha az endişelenilecek bir durumdur; bu nedenle bakteri kültürleri ve endotoksin testleri EHD'de genellikle daha seyrek yapılır.<sup>13</sup> Etkin hasta eğitimi, monitörizasyona uyum ve ekipman bakımı, güvenli HD performansı için çok önemlidir.

[Daha fazla bilgi için 6. Bölüm'e bakınız.]

**Tablo 5-2 DİYALİZ SUYUNDA İZİN VERİLEN MAKSİMUM KONTAMİNANT KONSANTRASYONU**

	Kontaminant	AAMI Standart (mg/L)
HD hastalarında toksisitesi belgelenmiş kirleticiler	Alüminyum	0.01
	Total klor	0.1
	Bakır	0.1
	Flor	0.2
	Kurşun	0.005
	Nitrat	2
	Sülfat	100
	Çinko	1

Diyaliz sıvısında bulunan elektrolitler	Kalsiyum	2 (0.05 mmol/L)
	Magnezyum	4 (0.15 mmol/L)
	Potasyum	8 (0.2 mmol/L)
	Sodyum	70 (3.0 mmol/L)
Hafif elementler	Antimon	0.006
	Arsenik	0.005
	Baryum	0.1
	Berilyum	0.0004
	Kadmiyum	0.001
	Krom	0.014
	Merkür	0.0002
	Selenyum	0.09
	Gümüş	0.005
	Talyum	0.002

## ■ KOMPLİKASYONLAR

Su arıtma sisteminin uygunsuz bakımı veya bileşenlerinden herhangi birinin arızalanması, kirlenici madde maruziyetine ve ciddi klinik sonuçlara yol açabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1960 ile 2007 yılları arasında yaklaşık 200 HD hastasını etkileyen 13 kimyasal zehirlenme vakası meydana geldi.<sup>3</sup> Bunlar aşağıda sıralanmıştır:<sup>3</sup>



- Alüminyum zehirlenmesi
- Kloramine bağlı hemolitik anemi
- Bakıra bağlı hemolitik anemi
- Florür zehirlenmesi
- Formaldehit zehirlenmesi
- Hidrojen peroksit nedeniyle anemi
- Sodyum azite bağlı şiddetli hipotansiyon
- Sülfatlara bağlı bulantı, kusma, titreme, ateş

Bu olaylardan biri, kuyu suyu kullanan EHD'li bir hastayı içeriyordu.<sup>3,18</sup> Hastada EHD'ye başladıktan birkaç ay sonra bulantı, kusma, uyuşukluk, halsizlik ve hipotansiyon gelişmişti. Görünümü siyanotikti ve kanının kahverengi olduğu fark edildi. Methemoglobinemi'ye bağlı olduğu düşünüldü ve metilen mavisi ile tedavi edilerek düzeldi. Kuyu suyunun 94 mg/L gibi son derece yüksek bir nitrat konsantrasyonuna sahip olduğu görüldü ve bir su deiyonizeri takıldıktan sonra EHD'ye devam edilebildi. Su kaynağındaki nitratlar da dahil olmak üzere, bazı kirleticilerin seviyelerinin hava koşullarına göre değişebileceğini unutmamak önemlidir.<sup>4</sup>

EHD hastaları, TO sistemleri ile daha küçük karbon filtrelerin kullanılması nedeniyle, kloramin maruziyeti ve neden olduğu anemi riski altında olabilir. Birleşik Krallık'ta yapılan bir araştırmada, EHD hastalarında daha büyük boyutlu bir karbon filtreye geçilmesiyle, ESA gereksiniminin azaldığı gösterilmiştir.<sup>4</sup> Kimyasal zehirlenmeyi içeren olaylara ek olarak, 1960 ile 2007 arasında bakteriyel veya endotoksin (veya her ikisinin) kontaminasyonunun neden olduğu 20 olay bildirilmiştir.<sup>3</sup> Bu olayların yarısı diyalizörün yeniden kullanımı ile meydana gelmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi, EHD'de bakteriyel kontaminasyon riski KHD'e göre daha düşüktür ve EHD'de pirojenik reaksiyonlar nadirdir.<sup>13</sup> Diyalizat sıcaklığının aşırı yüksek olması hemolize neden olabilir, ancak sıcaklık alarmı içeren mevcut diyaliz cihazlarında bunun gerçekleşmesi pek olası değildir.<sup>19</sup>

Diyaliz suyunun yönergelere uygun olmaması veya su arıtma sisteminde bir arıza olması durumunda, su diyaliz için kullanılmamalıdır. Bu seçeneğe sahip sistemlerde önceden karışımı hazırlanmış torbalı diyalizat kullanılmaktadır.

[Daha fazla bilgi için 8. Bölüm'e bakınız]

## ÖZET

Su arıtımı, HD'nin önemli bir bileşenidir. EHD 'de su arıtma sistemleri için, HD kliniklerinde olduğu gibi TO sistemleri veya deiyonizasyon kullanılabilir veya önceden karıştırılarak hazırlanmış ve torbalanmış diyalizatların kullanımıyla, su sistemi ihtiyacı ortadan kalkabilir. EHD sistemleri kurmak için evde bazı elektrik ve tesisat değişiklikleri gerekebilir. Yeterli hasta eğitimi, su kalitesinin monitörizasyonu ve EHD sistemlerinin bakımı, güvenli ve etkili HD gerçekleştirmek için çok önemlidir.

## KAYNAKLAR

1. Ahmad S. Essentials of water treatment in hemodialysis. *Hemodial Int.* 2005;9(2):127-134.
2. Kasperek T, Rodriguez OE. What medical directors need to know about dialysis facility water management. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2015;10(6):1061-1071.
3. Coulliette AD, Arduino MJ. Hemodialysis and water quality. *Semin Dial.* 2013;26(4):427-438.
4. Davenport A. Complications of hemodialysis treatments due to dialysate contamination and composition errors. *Hemodial Int.* 2015;19(suppl 3):S30-3.
5. Agar JW, Perkins A, Heaf JG. Home hemodialysis: infrastructure, water, and machines in the home. *Hemodial Int.* 2015;19(suppl 1):S93-S111.
6. Schlaeper C, Diaz-Buxo JA. The Fresenius Medical Care home hemodialysis system. *Semin Dial.* 2004;17(2):159-161.
7. Haroon S, Davenport A. Haemodialysis at home: review of current dialysis machines. *Expert Rev Med Devices.* 2018;15(5):337-347.
8. Clark WR, Turk JE Jr. The NxStage System One. *Semin Dial.* 2004;17(2):167-170.
9. Harasemiw O, Day C, Milad JE, Grainger J, Ferguson T, Komenda P. Human factors testing of the Quanta SC+ hemodialysis system: an innovative system for home and clinic use. *Hemodial Int.* 2019;23(3):306-313.
10. Outset Medical Inc. Tablo® Hemodialysis System receives FDA clearance for home dialysis. Outset Medical. Available at <https://www.outsetmedical.com/news/tablo-hemodialysis-system-receives-fda-clearance-for-home-dialysis/>. Accessed April 21, 2020.
11. Bieber S. Water treatment equipment for in-center hemodialysis. In: Nissenson AR, Fine RN, eds. *Handbook of Dialysis Therapy*. 5th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2017:chap 10.
12. Brunet P, Berland Y. Water quality and complications of haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2000;15(5):578-580.
13. Damasiewicz MH, Polkinghorne KR, Kerr PG. Water quality in conventional and home haemodialysis. *Nat Rev Nephrol.* 2012;8(12):725-734.
14. Ouseph R, Ward RA. Ultrapure dialysate for home hemodialysis? *Adv Chronic Kidney Dis.* 2007;14(3):256-262.

15. American National Standards Institute, Inc., Association for the Advancement of Medical Instrumentation, and International Organization for Standardization. ANSI/AAMI/ISO 23500-3:2019, Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies—part 3: water for haemodialysis and related therapies. Available at <https://www.aami.org>. Accessed June 26, 2020.
16. NxStage Medical, Inc. Therapy Handbook: NxStage Hemodialysis Treatment. Available at [https://www.nxstage.com/wp-content/uploads/2019/08/NxStage-Hemodialysis\\_Treatment-Therapy-Handbook.pdf](https://www.nxstage.com/wp-content/uploads/2019/08/NxStage-Hemodialysis_Treatment-Therapy-Handbook.pdf). Updated August 2019. Accessed January 8, 2020.
17. FreseniusMedicalCare. 2008K@homeUser'sGuide,490180RevisionG. Available at [https://fmcna.com/content/dam/fmcna/live/support/documents/operator's\\_manuals---hemodialysis-\(hd\)/2008k%40home-operator's-manuals/490180\\_Rev\\_G.pdf](https://fmcna.com/content/dam/fmcna/live/support/documents/operator's_manuals---hemodialysis-(hd)/2008k%40home-operator's-manuals/490180_Rev_G.pdf). Updated March 1, 2018. Accessed January 10, 2020.
18. Carlson DJ, Shapiro FL. Methemoglobinemia from well water nitrates: a complication of home dialysis. *Ann Intern Med.* 1970;73(5):757-759.
19. Saha M, Allon M. Diagnosis, treatment, and prevention of hemodialysis emergencies. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2017;12(2):357-369.